

Parte I Generalidades

Capítulo 1 Introducción

1-1 Cronología del Estudio

La minería ha sido una de las actividades de mayor importancia para la República de Bolivia, no obstante, a partir de la abrupta caída de las cotizaciones del estaño en 1985, ha denotado una constante disminución en la participación del PIB; la cual del 17,5% logrado en el año 2000, apenas alcanzó el 4,9% en el año 2000. Asimismo, el valor de las exportaciones de productos mineros es de aproximadamente US\$400 millones representando sólo el 38,7% del total.

La extensión territorial de la República de Bolivia es de 1.098.581 km², teniendo como límites al Perú y Chile hacia el oeste, Argentina y Paraguay hacia el sur y Brasil circundando desde el norte hacia el este, siendo en consecuencia un país mediterráneo. La topografía, y las clasificaciones de zonas geológicas y metalogénicas muestran una faja paralela a la tendencia de los Andes en dirección NO-SE. Las provincias geológicas se clasifican en 5 unidades, siendo la Cordillera Occidental de los Andes que limita con la República de Chile, el Altiplano, la Cordillera Oriental de los Andes, Escudo Brasileño que colinda con la Planicie Chaco-Beniana. Las provincias metalogénicas se clasifican principalmente en polimetálicas que yacen entre la Cordillera Occidental de los Andes y el Altiplano, estanníferas hacia el flanco occidental de la Cordillera Oriental de los Andes, polimetálicas del flanco oriental de la Cordillera Oriental de los Andes; y auro-manganesíferas del Escudo Brasileño.

El área del estudio corresponde al cuadrante demarcado entre latitudes sur 14°37'-16°24' y longitudes oeste 67°35' y 69°22', hacia el noroeste de Bolivia próxima a la zona limítrofe con la República del Perú, ubicada dentro de la Cordillera Oriental de los Andes (Figura 1). De acuerdo a la clasificación metalogénica citada arriba, correspondería entre estannífera de la provincia metalogénica de la Cordillera Oriental de los Andes y polimetálica, conociéndose la existencia de estaño, oro, tungsteno, plomo y zinc entre otros metales, sin embargo, no se han realizado estudios e interpretación de estructuras y sistemas.

Bajo este marco, el gobierno boliviano solicitó al gobierno japonés, la realización del estudio de cooperación que contribuya al fomento de las inversiones en el distrito minero, mediante el reconocimiento del potencial de los yacimientos mineros en el área del estudio. La recepción de la solicitud conllevó a la suscripción de los Alcances del Trabajo (*Scope of Works*), el 16 de octubre de 2002, por la misión encargada del planeamiento del estudio.

El presente estudio tiene como objetivo seleccionar zonas de interés con potencial minero de modo eficaz *in-promptu*, mediante la interpretación integral de los resultados a obtenerse con la realización de análisis de imágenes satelitales, datos existentes y prospección geoquímica correspondientes de acuerdo a los Alcances del Trabajo. Simultáneamente, se realizará transferencia de tecnología a la contraparte boliviana (en adelante SERGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería), relacionada a la metodología del estudio y técnicas de interpretación.

1-2 Conclusiones y Propuestas del Estudio durante la Primera Fase

1-2-1 Conclusiones de la Primera Fase

Sintetizando los patrones de distribución de los minerales seleccionados obtenidos de las imágenes ASTER, es posible clasificarlos como sigue:

- ① Índice de cuarzo – clorita – sericita – montmorillonita – (epídoto)
- ② Caolinita – alunita – (limonita)
- ③ Índice de hierro oxidado

Como indicadores de mineralización y alteración, son interesantes los índices de hierro oxidado del grupo ③ y el grupo ② que incluye limonita, sin embargo prácticamente no existe superposición entre los índices de hierro oxidado con el grupo ②. En consecuencia, se establece al distrito de superposición de la limonita con los minerales del grupo ② como de interés de acuerdo a la selección basada en la interpretación de imágenes satelitales.

En cuanto a la interpretación de datos existentes, se consideraba que el origen del oro aluvial de los flancos orientales de la Cordillera Oriental recaía en los yacimientos polimetálicos distribuidos hacia occidente, no obstante, al ser evidente la formación del yacimiento aurífero de Yani estratoligado a la roca huésped incrustando concordante al estrato (en adelante yacimiento tipo manto), se infieren nuevas fuentes como éste.

El granito del co-herciniano relacionados a la mineralización de oro en Yani, se observa sólo para el sector meridional; sin embargo, debido a que la distribución de la roca de caja del sistema ordovícico se distribuye ampliamente, se hace prioritaria la exploración conducente a discernir su presencia en el sector septentrional. En cuanto al sector meridional, al contar con una continuidad del cuerpo granítico y por el conocimiento sobre fajas de bajo metamorfismo del ordovícico, debe ser seleccionado como materia de estudios en su integridad. Se concluye que es posible sintetizar en dos ítems lo relacionado a la selección de distritos considerados “requiere estudio” resultante de la interpretación de datos existentes.

- ① Selección de distritos de distribución del ordovícico de bajo metamorfismo.
- ② Selección de fajas limonitizadas dentro de la distribución de lutitas negras de bajo grado metamórfico.

Al integrar los datos de las etapas de actividades magmáticas obtenidos de la prospección geoquímica y el comportamiento/combinación de los compuestos metálicos relacionados también a la prospección geoquímica con la distribución de yacimientos y ocurrencias conocidos, se infieren los siguientes ciclos de mineralización:

- ① Mineralización de estaño-tungsteno; asociada al intrusivo de granodiorita de Illampu.
- ② Mineralización polimetálica; asociada a los intrusivos de granodiorita de Amarete y Complejo Charazani.

- ③ Mineralización aurífera; asociada a alteración hidrotermal que originó el rejuvenecimiento del granito de Yani-Zongo.

Los yacimientos formados por la mineralización polimetálica son las fisuras rellenadas, existiendo pocas probabilidades de formar grandes yacimientos en la zona, no pudiendo ser materia de estudio principal del proyecto. Asimismo, se infiere también que los yacimientos formados por la mineralización estannífero-tungsteniana son principalmente vetiformes rellenando fisuras, no siendo tampoco materia de estudio principal considerando la situación del mercado de metales, no obstante, se requiere analizar para los casos de grandes yacimientos estratificados.

Las mineralizaciones auríferas presentan características de baja temperatura y comportamiento independiente disímil a los demás compuestos metálicos que conforman los yacimientos polimetálicos, infiriéndose que la mineralización aurífera de tipo Yani es la principal mineralización de la zona. Se considera que el manto aurífero de Yani se distribuye selectivamente en la faja de bajo metamorfismo relacionada al termometamorfismo asociado al granito de Yani-Zongo. La muestra de sílice negra dentro de filitas, obtenida de la labor de la mina Yanaorcko ubicada al borde septentrional de la zona del estudio, arrojó una ley extremadamente alta como de 126 g/t. Es decir, se infiere que ello demuestra que los mantos auríferos se distribuyen en la región, no solamente en aquellos conocidos como los alrededores del cuerpo granítico de Yani-Zongo.

Los objetivos resultantes de la prospección geoquímica, son los yacimientos auríferos tipo manto, sintetizando los criterios de selección de los distritos de interés como sigue:

- ① Distrito de distribución de las lutitas negras.
- ② Faja de distribución de limonitización.
- ③ *Background* con distribución de anomalías geoquímicas de arenas fluviales

Es posible compilar como se describe a continuación, los criterios de selección para la determinación de los distritos de interés, extrayendo las superposiciones de los resultados integrales las interpretaciones de imágenes satelitales e información de datos existentes y prospección geoquímica.

- ① Distritos de superposición entre limonita y caolinita-alunita interpretados de los datos de imágenes satelitales.
- ② Distritos de superposición entre fajas de distribución de lutitas negras de bajo metamorfismo y faja limonitizada.
- ③ *Background* con distribución de anomalías geoquímicas de arenas fluviales.

Al considerarse el criterio ③ de anomalías geoquímicas como condición indispensable, se obtienen los siguientes distritos de interés:

- 1) Distrito Río Quellhuacota
- 2) Distrito Aucapata
- 3) Distrito Tacacoma

4) Distrito meridional de Yani (distrito Chuchu Jahuir)

1-2-2 Propuestas de la Primera Fase

1) Distrito Río Quellhuacota

En este distrito se espera la existencia de cuerpo termal escondido relacionado a reconcentraciones auríferas, debido a la presencia de la mina Yanaorcko, formada aguas arriba por la gran ampliación de la zona originaria del yacimiento aurífero tipo Yani. También se requiere realizar estudios en detalle incluyendo la estratigrafía de la faja limonitizada observada en los estudios superficiales mediante la realización de prospección geoquímica de álveos, con la finalidad de verificar los horizontes de mineralización. Asimismo, siendo un distrito donde se observa superposición entre limonita, caolinita y alunita según la interpretación de imágenes satelitales, se requiere confirmar los datos espectrales.

2) Distrito Aucapata

Siendo un distrito distrito en donde se ha observado superposición entre limonita, caolinita y alunita, según la interpretación de imágenes satelitales, presenta pequeñas fajas de anomalías geoquímicas, no obstante, se ha observado una gran faja limonitizada mediante los estudios superficiales. En consecuencia, se requiere realizar estudios geológicos asistido con prospección geoquímica de rocas. Simultáneamente se requerirá realizar estudios en detalle de la estratigrafía y los sistemas de fracturas bordeando los caminos excavados recientemente, con el objeto de reconocer la relación entre la mineralización aurífera y limonitización y/ó los sistemas de fracturas. Además se requiere verificar los datos espectrales, incluyendo la distribución de índices de hierro oxidado.

3) Distrito Tacacoma

Siendo un distrito en donde se observa una continuidad de los índices de hierro oxidado, según la interpretación de imágenes satelitales, está constituido por una continuidad de anomalías geoquímicas altas, requiriendo la realización de prospección geoquímica de álveos en detalle.

4) Distrito meridional de Yani (Chuchu Jahuir)

Siendo un distrito en donde se observa superposición entre limonita, caolinita y alunita, según la interpretación de imágenes satelitales, se requiere realizar prospección geoquímica de álveos conjuntamente a las confirmación de datos espectrales.

1-3 Sinopsis del Estudio de la Segunda Fase

1-3-1 Distritos del Estudio

Se realizaron prospecciones geoquímicas (álveos) en primera etapa en los 4 distritos seleccionados en la primera fase, Quellhuacota, Charazani W, Aucapata, Tacacoma, Chuchu Jahuir, y se realizaron prospecciones geoquímicas(suelos) en segunda etapa en el distrito Charazani Oeste en el cual se

verificó anomalía aurífera parcial (Figura 2).

1-3-2 Objetivos del Estudio

Reconocimiento de la relación entre la geología y estructura en la zona del estudio con la mineralización de yacimientos polimetálicos e hidrotermales. Asimismo, considerando las características de las alteraciones y las condiciones de distribución de anomalías geoquímicas, realizar la selección de zonas de interés mineralógico.

1-3-3 Metodología del Estudio

Se tomaron muestras de rocas para la determinación del grado de grafitización con el objeto de estimar el historial de alteraciones térmicas en toda la zona del estudio, paralelamente a la realización del estudio en detalle de prospección geoquímica de álveos en las 5 zonas de interés seleccionadas como resultado del estudio en su primera fase.

En cuanto a las muestras de unidades geológicas y minerales representativos, se confeccionaron piezas de 6x4x2cm, para su almacenamiento. Estas se adecuaron para los análisis de gabinete de secciones delgadas, secciones pulidas, difracción de rayos x y mediciones de inclusiones fluidas.

Se tomaron registros de mediciones de coordenadas UTM y alturas con GPS en los puntos de muestreo de álveos, así como los datos relacionados a las condiciones físicoquímicas del río, clasificación de rodados; tomándose como mínimo 100 g de muestra menores a malla ASTM80. También se realizaron tomas de muestras duplicadas en 20 puntos.

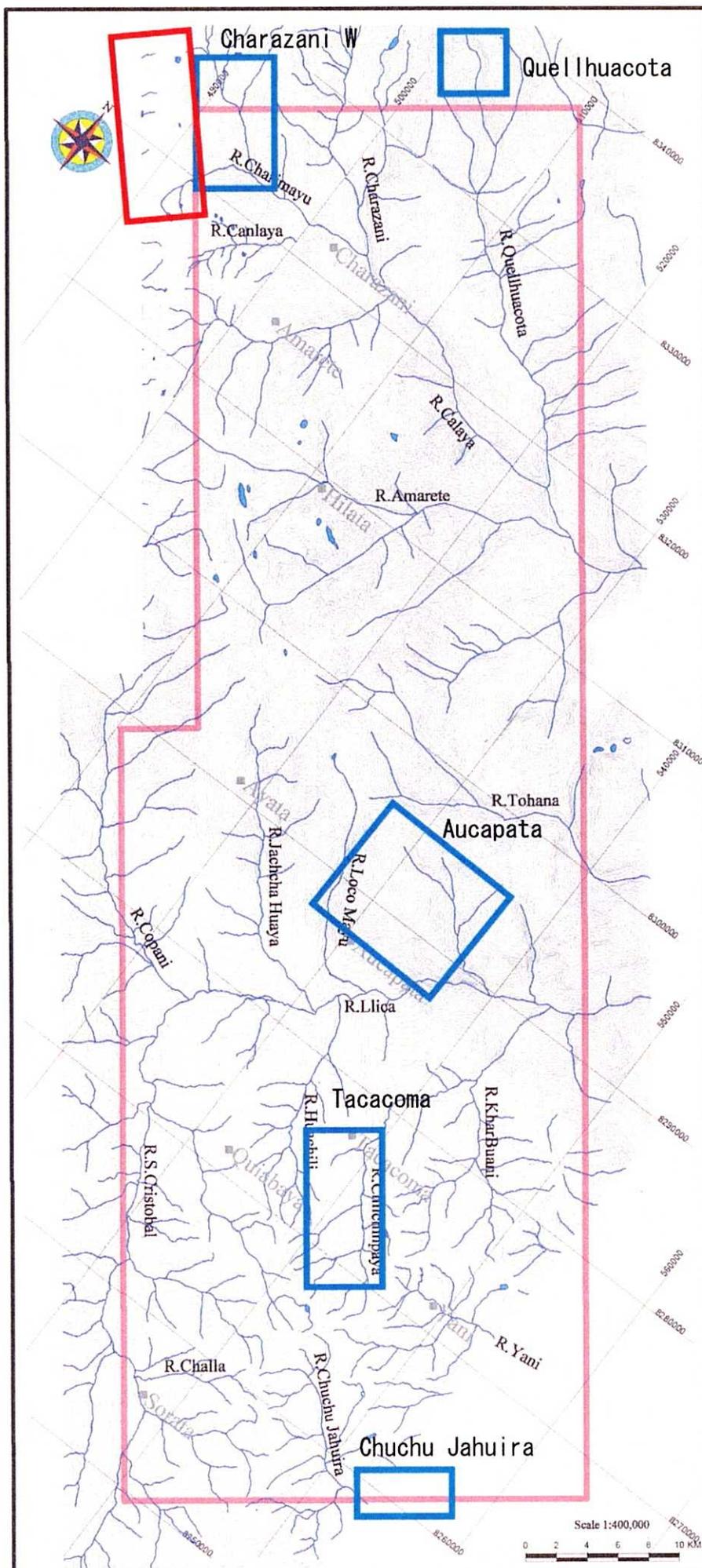
Las muestras de ploteo de álveos se realizaron en 10 puntos.

Las tomas de muestras de suelos se realizaron entre 30-40 cm de profundidad exceptuándose los ríos, terrenos y zonas de siembra privados. En estos puntos también se registraron las mediciones de coordenadas UTM y altura medidas con GPS, así como datos relacionados a la geología, profundidad de la muestra y aspectos del suelo como su coloración.

Los análisis fueron enviados a Chemex de Canadá para sus correspondientes análisis.

1-3-4 Conformación del Equipo de Estudio

Los miembros del equipo del estudio estuvieron conformados por 4 japoneses y 5 bolivianos. Asimismo, en el distrito de Quellhuacota los estudios se realizaron internándose con acémilas debido a la falta de caminos hacia la zona.



- Fase II, Etapa II
- Fase II, Etapa I
- Fase I

第2図 調査地区位置図

Fig. 2 Mapa de ubicación del área del estudio

En los Cuadros 1-1 y 1-2 se muestran a los miembros que formaron el grupo de estudio.

Cuadro 1-1 Grupo del Estudio (Primera Etapa)

Contraparte Boliviana			Misión Japonesa		
Nombre	Cargo	Institución	Nombre	Cargo	Institución
Fernando Murillo	Jefe Equipo	SERGEOMIN	Morio Hashimoto	Jefe Misión	MINDECO
Roberto Trigo	Geoquímica	SERGEOMIN	Yutaka Katsuno	Geoquímica	MINDECO
José Luis Argandoña	Geoquímica	SERGEOMIN	Akira Takami	Geoquímica	MINDECO
Héctor Vargas	Geoquímica	SERGEOMIN	Akimitsu Takebe	Geoquímica	MINDECO
Bernardino Coronado	Geoquímica	SERGEOMIN			

SERGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería

MINDECO: Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd.

Cuadro 1-2 Grupo del Estudio (Segunda Etapa)

Contraparte Boliviana			Misión Japonesa		
Nombre	Cargo	Institución	Nombre	Cargo	Institución
Fernando Murillo	Jefe Equipo	SERGEOMIN	Morio Hashimoto	Jefe Misión	MINDECO
Roberto Trigo	Geoquímica	SERGEOMIN	Tsuyoshi Yamada	Geoquímica	MINDECO
Ivar Alcocer	Geoquímica	SERGEOMIN	Akimitsu Takebe	Geoquímica	MINDECO
Héctor Vargas	Geoquímica	SERGEOMIN	Noboru Furukawa	Geoquímica	MINDECO
Bernardino Coronado	Geoquímica	SERGEOMIN			

SERGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería

MINDECO: Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd.

1-3-5 Período y extensión del estudio

En los Cuadros 2-1, 2-2 se muestran los períodos del estudio.

Cuadro 2-1 Períodos del Estudio (Primera Etapa)

	Año 2003			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Planeamiento y preparación	5 ————— 22			
Movilización y desmovilización			6	
Prospección geoquímica		—————		
Análisis y elaboración de informes			—————	30

Cuadro 2-2 Períodos del Estudio (Segunda Fase)

	Año 2003			Año 2004			
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Planeamiento y preparación	18	9					
Movilización y desmovilización		10	20				
Prospección geoquímica							
Análisis y elaboración de informes						19	

En los Cuadros 3-1 y 3-2 se muestran la extensión del estudio.

Cuadro 3-1 Extensión del Estudio (Primera Etapa)

Item	Extensión
Prospección geoquímica	Area: 200 km ²
Quellhuacota	(16 km ²)
Charazani Oeste	(30 km ²)
Aucapata	(80 km ²)
Tacacoma	(50 km ²)
Chuchu Jahuirá	(24 km ²)
Muestra de arena	218 muestras
Muestra de arena duplicada	10 muestras
Muestra de mineral pesado	15 muestras
Muestra de mineral pesado duplicado	2 muestras
Muestra para mediciones de GD	261 muestras
Muestra para análisis de minerales	64 muestras
Muestra para sección delgada	12 muestras
Muestra para sección pulida	12 muestras
Muestra para difracción de rayos X	10 muestras
Muestra para medición de inclusiones fluidas	18 muestras
Muestra para datación por método K/Ar	3 muestras
Muestreo complementario por SERGEOMIN	
Muestra de arena	140 muestras
Muestra de arena duplicada	8 muestras
Muestra de mineral pesado	3 muestras
Muestra para análisis de minerales	12 muestras

Cuadro 3-2 Extensión del Estudio (Segunda Etapa)

Item	Extensión
Prospección geoquímica Charazani Oeste	Area: 50 km ²
Muestra de suelo	502 muestras
Muestra de mineral para análisis químico	5 muestras
Muestra de rocas para secciones delgadas	11 muestras
Muestras de minerales para secciones pulidas	5 muestras
Muestras de polvo para difracción de rayos x	5 muestras
Muestreo complementario por SERGEOMIN	
Muestra de arena	48 muestras
Muestra de arena duplicado	4 muestras
Muestra para mediciones de GD	54 muestras